

<https://helda.helsinki.fi>

Kehittämistutkimus pro gradu -tutkielman tutkimusmenetelmänä

Aksela, Maija

PS-kustannus

2013-03

Aksela , M & Pernaa , J 2013 , Kehittämistutkimus pro gradu -tutkielman tutkimusmenetelmänä . julkaisussa J Pernaa (Toimittaja) , Kehittämistutkimus opetuslalla .
pö P S - k u s t a n n u s , J y v ä s k y l ä , S i v u t 1 8 1 2 0 0 .

<http://hdl.handle.net/10138/306395>

cc_by_nc

acceptedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.

Kehittämistutkimus pro gradu -tutkielman tutkimusmenetelmänä

Maija Aksela & Johannes Pernaa

Tiivistelmä

Kehittämistutkimusta on käytetty kemian opettajankoulutuksessa kolmella tavalla: (1) osana kurssiopetusta (opiskelijat ovat toteuttaneet pienimuotoisia kehittämistutkimuksia), (2) kemian opettajankoulutuksen kurssien kehittämisessä ja (3) opinnäytetöiden tutkimusmenetelmänä. Tässä artikkelissa keskitytään kohdan kolme käsittelyyn pro gradu -tutkielman suorittamisen, arvioimisen, raportoinnin ja rajaamisen näkökulmista. Tavoitteena on selvittää, millaisia mahdollisuuksia ja haasteita kehittämistutkimus asettaa pro gradu -tutkielmalle. Menetelmän mahdollisuutena on, että siinä tarkastellaan kehittämisestä hyvin monesta näkökulmasta. Tutkimustuloksena syntyy konkreettinen kehittämistuotos (esim. kurssi tai oppimateriaali), tietoa tuotoksen mahdollisuuksista sekä tietoa myös itse kehittämisprosessista. Opiskelijat kokevat kehittämistutkimuksen pääsääntöisesti positiivisena oppimiskokemuksena ja kokevat sen käytön tukevan ammatillista kehittymistään. Menetelmän haasteena opiskelijalle on usein sen laajuus sekä teoreettinen ja rakenteellinen monimutkaisuus. Artikkelin lopussa pohditaan menetelmän soveltuvuutta kemian opetuksen opinnäytetöiden tutkimusmenetelmäksi myös kehittämistutkimuksen ja toimintatutkimuksen välisen rajapinnan näkökulmasta.

Avainsanat: Arviointi, kehittämistutkimuksen raportointi, kehittämistutkimuksen rajaaminen, opinnäytetyö, pro gradu, toimintatutkimus

1. Johdanto

Kemian opettajankoulutusyksikön missio on kouluttaa tutkivia kemian opetuksen ja oppimisen asiantuntijoita erilaisiin tehtäviin yhteiskunnassa, tutkia kemian opetusta ja oppimista sekä edistää kemian alaa herättämällä ihmisten kiinnostusta kemiaa kohtaan. Yksikkö on yksi Helsingin yliopiston Kemian laitoksen yhdeksästä tutkimusyksiköstä. Yksikössä tutkitaan kemian opetusta, opiskelua ja oppimista kouluopetukseen, kemian opettajankoulutukseen ja kemian korkeakoulutukseen liittyen. (Kemian opettajankoulutusyksikkö, 2012a)

Kemian opetuksen tutkimus on pohja oppilaan kemian ymmärtämisen tukemiselle ja laadukkaalle kemian opetuksen kehittämiselle perusopetuksesta korkeakouluihin. Kaiken opetuksen ja tutkimuksen tavoitteena on oppilaan tai opiskelijan mielekkään oppimisen tukeminen eri koulutusasteilla. Tutkimustuloksia hyödynnetään opetuksessa eri asteilla, opettajankoulutuksessa sekä kemian opetusmenetelmien ja oppimateriaalien kehittämisessä, joten kehittämistutkimus soveltuu erittäin hyvin yksikön tutkimuksen päätavoitteisiin. Yksikkö tekee myös tilaustutkimuksia eri yhteistyötahoille, kuten esimerkiksi opetushallinnolle, yrityksille, teollisuusjärjestöille sekä tiedekeskuksille.

Kehittämistutkimusta käytetään kemian opettajankoulutuksessa kolmella tavalla:

1. **työtapana kursseilla:** opiskelijat ovat toteuttaneet pienimuotoisia kehittämistutkimuksia kursseilla ja siten tutustuneet tutkimusmenetelmään käytännössä (esim. Aksela et al. 2011; Pernaa, 2010, 2011; Pernaa & Aksela, 2009).

2. **kurssien kehittämisvälineenä:** menetelmän avulla on kehitetty kemian opettajankoulutuksen kursseja (esim. Pernaa, Aksela & Västinsalo, 2010; Vesterinen, Pernaa & Aksela, 2012; Vesterinen, 2012) sekä
3. **opinnäytetöiden tutkimusmenetelmänä:** kehittämistutkimusta on käytetty sekä pro gradu -tutkielmien että jatko-opintojen tutkimusmenetelmänä (mm. väitöskirjat: Aksela, 2005; Pernaa, 2011; Rautiainen, 2012 Vesterinen, 2012).

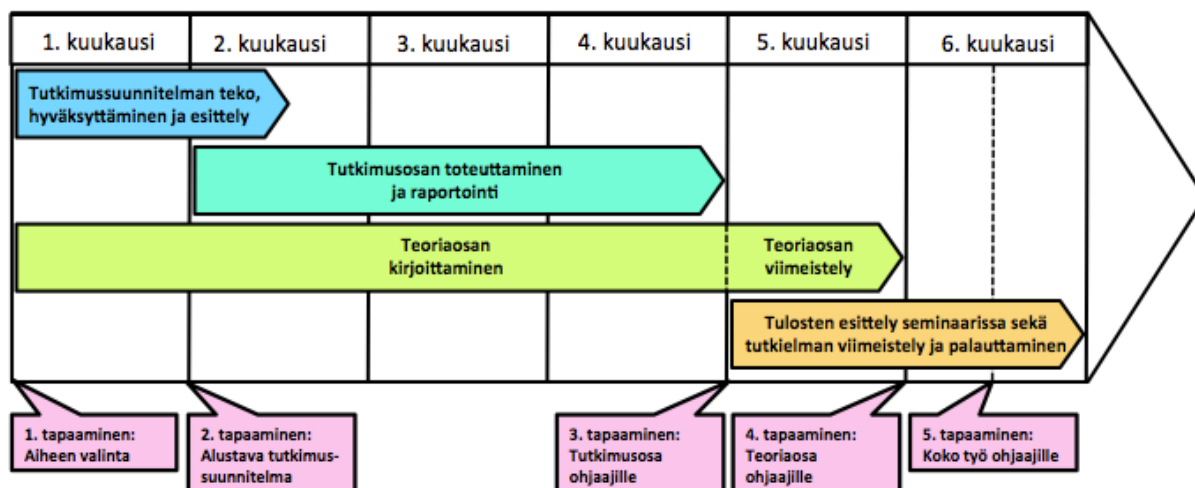
Tässä artikkelissa keskitytään opinnäytetöiden näkökulmasta pelkästään pro gradu -tutkielmien tarkasteluun. Tavoitteena on selvittää, millaisia mahdollisuuksia ja haasteita kehittämistutkimuksen käyttö asettaa pro gradu -tutkielman suorittamiselle. Aihetta tarkastellaan pro gradu -tutkielman rajaamisen, suorittamisen, arvioimisen ja raportoinnin näkökulmista. Tämän kirjan artikkelissa Vesterinen & Aksela (2012) tuodaan esille esimerkin kautta, miten kehittämistutkimusta on käytetty tutkimusmenetelmänä väitöskirjassa.

2. Kemian opetuksen pro gradu kehittämistutkimuksena

Kehittämistutkimus on ollut suosittu tutkimusmenetelmä Kemian opettajankoulutusyksikön pro gradu -tutkielmissa. Tähän mennessä niitä on tehty 33 kappaletta, joka on noin 40 % yksikön kaikista pro graduista. Sen käytön suosioon on vaikuttanut yksikön visio edistää kemian opetusta eri koulutusasteilla tutkimuspohjaisesti ja kouluttaa tutkivia kemian opettajia. Käytön innoittajana on toiminut Edelsonin 2002 vuoden julkaisu kehittämistutkimuksesta (Edelson, 2002), Suomessa aikaisemmin tehdyt kehittämistutkimukset (ks. esim. tässä kirjassa Juuti & Lavonen (2012)) sekä hyvät kokemukset sen soveltuvuudesta työvälineeksi kemian opetuksen kehittämiseen.

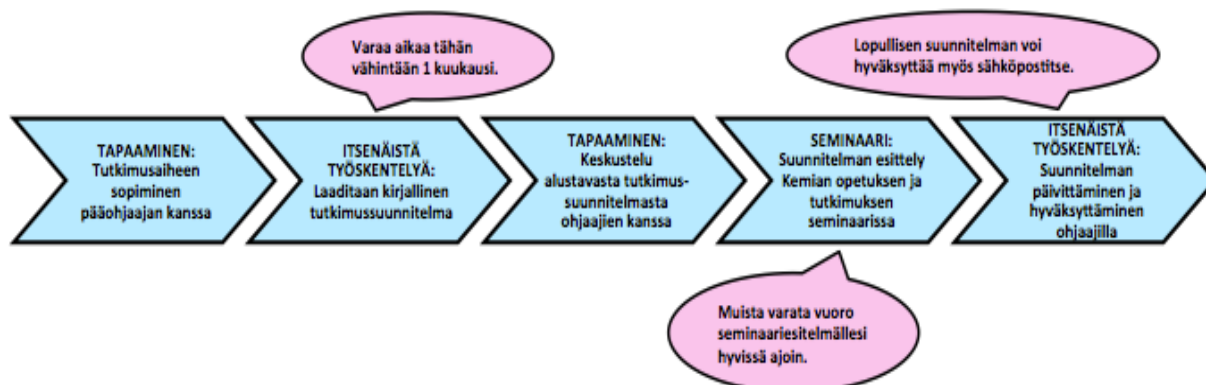
Kehittämistutkimuksen toteuttamisessa opinnäytetyönä noudatetaan opinnäytetyölle asetettuja vaatimuksia. Esimerkiksi kemian pro gradu -opinnäytetyön tavoitteena on harjaannuttaa opiskelijaa itsenäiseen tutkimustyöhön, tiedon hakuun, lähteiden ja tutkimustulosten kriittiseen arviointiin sekä kirjalliseen ilmaisuun. Itsenäisesti tehdyllä opinnäytetyöllä opiskelija osoittaa valmiutensa tieteelliseen ajatteluun ja tarvittavien tutkimusmenetelmien hallintaan käyttäen hyväksi aiemmissa opinnoissaan hankkimiaan tietoja ja taitoja. Opiskelija osoittaa myös perehtyneisyytensä tutkielman aihepiiriin ja kykynsä kemian alan tieteelliseen viestintään. (Kemian laitos & Kumpulan tiedekirjasto, 2007)

Kemian opettajankoulutusyksikössä suoritettavan pro gradu -tutkielman tekemiseen on laadittu yksityiskohtainen opas (Kemian opettajankoulutusyksikkö, 2012b), jossa kuvataan opinnäytetyön eri vaiheet prosessina. Pro gradun laajuus on 40 opintopistettä, joka vastaa noin 1070 työtuntia. Pro gradu -tasolla tämä vaatii noin kuusi kuukautta työtä (ks. kuva 1).



Kuva 1. Pro gradu -tutkielman kirjoitusprosessi ohjeellisine aikoineen (Kemian opettajankoulutusyksikkö, 2012b).

Opinnäytetyön tekemistä tukee Kemian opetuksen ja tutkimuksen seminaari -kurssi (5 op), jossa opiskelija perehtyy muun muassa tutkimusmenetelmiin, esittää tutkimussuunnitelmansa sekä lopulliset tulokset. Tutkimussuunnitelman tekoa ja sen hyväksyttämistä kuvataan kuvassa 2.



Kuva 2. Tutkimussuunnitelman teko ja hyväksyttäminen (Kemian opettajankoulutusyksikkö, 2012b).

3. Kehittämistutkimuksen toteuttaminen ja arviointi pro gradu -tasolla

Pro gradu -tutkielmassa kehittämistutkimusprosessi koostuu yleensä yhdestä tai kahdesta syklisestä. Tutkimuksen syklisyyteen vaikuttavat mm. käytettävissä oleva aika, tutkimusaihe sekä opiskelijan arvosanatavoitteet.

Kemian opetuksen pro gradun kehittämistutkimus toteutetaan usein seuraavan mallin mukaisesti sisältäen joko yhden tai kaksi kehittämissykliä:

YKSI KEHITTÄMISYKLI

1. **Teoreettinen ongelma-analyysi:** Tutkimus aloitetaan lähes poikkeuksetta aikaisemman tutkimuskirjallisuuden kirjallisuusanalyysillä, jolla kartoitetaan, mitä aiheesta on jo tutkittu, ja mitä olisi tärkeää tutkia lisää. Tutkimuskirjallisuuden teoreettinen ongelma-analyysi on osa kirjallista tutkimussuunnitelmaa, joka esitellään Kemian opetuksen ja tutkimuksen seminaari -kurssilla.
2. **Empiirinen ongelma-analyysi 1**, jota kutsutaan usein nk. **tarveanalyysiksi**. Tarveanalyysi täydentää tutkimuskirjallisuusanalyysin pohjalta nostettuja tutkimustarpeita, -mahdollisuuksia ja -haasteita. Tarveanalyysi voi olla esimerkiksi oppikirjojen sisällönanalyysi tai kysely- tai haastattelututkimus tuotoksen käyttäjäkohderyhmälle (esim. opettajat, opiskelijat tai muut yhteistyötahot).
3. **Kehittämisvaihe 1**, jossa valmistetaan alustava kehittämistuotos yllä mainittujen vaiheiden pohjalta.
4. **Raportointi** sisältää opinnäytetyön kirjoittamisen, jossa ohjaaja/ohjaajat toimivat kannustavasti rinnalla.

Kehittämistutkimuksen vahvuus on sen syklisessä luonteessa, jossa kehittämistä iteroidaan formatiiviseen arviointiin pohjautuvilla kehittämispäätöksillä. Jos kehittämistutkimusta ei ole syklisesti toteutettu, sitä ei ole toteutettu tieteellisesti pätevästi tai luotettavasti (vrt. esim. Design-Based Research Collective, 2003; Edelson, 2002). Pro gradut, joiden kehittämistutkimus sisältää vain yhden kehittämissyklin, voivat saada korkeintaan arvosanaksi hyvän eli cum laudea approbaturin (C). Sitä korkeampien arvosanojen saamiseen vaaditaan hyvää tai erinomaista tutkimusmenetelmän hallintaa, ja kehittämistutkimuksessa tulee olla vähintään toinen kehittämissykli.

KAKSI KEHITTÄMISSYKLIÄ

Useimmat opiskelijat haluavat toteuttaa kehittämistutkimuksen, joka sisältää kaksi kehittämissykliä sisältäen seuraavat kuusi vaihetta:

1. **Teoreettinen ongelma-analyysi**
2. **Empiirinen ongelma-analyysi 1**
3. **Kehittämisvaihe 1**
4. **Empiirinen ongelma-analyysi 2**, jossa alustavaa kehittämistuotosta testataan mahdollisimman autenttisella kohderyhmällä (esim. opettajat, oppilaat tai opiskelijat).
5. **Kehittämisvaihe 2:** Tuotosta kehitetään suoritettun arvioinnin pohjalta.
6. **Raportointi**

Pro gradun arviointi kohdistuu koko työprosessiin ja arvioinnissa arvioidaan tutkielmaa kokonaisvaltaisesti. Arvioinnissa tarkastellaan muun muassa:

1. Tutkimusaiheen rajaamista ja tutkimusongelma asettelua
2. Tutkimuskirjallisuuden käsittelyä ja kriittistä tarkastelua
3. Tutkimusmenetelmien hallintaa
4. Tutkimustuloksia ja niiden esittämistä
5. Johtopäätösten perustelua ja reflektointia teoreettiseen viitekehykseen
6. Tieteellinen esitystapaa ja työn viimeistelyä

7. Tekijän itsenäisyyttä ja kypsyyttä (Kemian laitos & Kumpulan tiedekirjasto, 2007)

4. Kehittämisen mahdollisuudet pro gradu -tasolla

Tässä luvussa arvioidaan, millaisia mahdollisuuksia kehittämistutkimuksella on pro gradu -tutkielman menetelmänä. Arviointi pohjautuu yksikössä tehtyjen 33 pro gradu -tutkielman päätulosten analysointiin (ks. taulukko 1) sekä ohjaajien kokemuksiin.

Pro gradu -tutkielmissa kehittämistutkimuksen tavoitteena on saada aikaiseksi konkreettinen artefakti, eli jonkin tyyppinen kehittämistuotos (vrt. esim. Edelson, 2002, 2006; Design-Based Research Collective, 2003; Juuti & Lavonen, 2006). Kemian opettajankoulutusyksikön pro graduissa on kehittämistuotoksena syntynyt muun muassa oppimisympäristöjä, oppimateriaaleja ja kursseja kemian opetukseen eri koulutusasteille sekä opettajankoulutukseen.

Tutkimusaiheen valinnassa on opiskelijan omilla toiveilla keskeinen rooli. Käytännössä aihe kun aihe sopii opinnäytetyön tutkimuskohteeksi, kunhan se vain on linjassa yksikön neljän tutkimuspainopistealueen kanssa:

1. kemian käsitteet, mallit ja visualisointi opetuksessa,
2. tutkimuksellinen kemian opiskelu ja opetus,
3. kemia tieteenä: kemian historia ja filosofia opetuksessa ja
4. kemian tiede, ympäristö, yhteiskunta ja teknologia (STSE) opetuksessa.

Suosittuja tutkimusaiheita ovat olleet muun muassa erilaisten virtuaalisten oppimisympäristöjen, kemian kurssien sekä uusien kemian kokeellisten töiden kehittäminen (ks. taulukko 1). Konkreettisten kehittämistuotosten lisäksi pro gradujen teoreettisissa ja empiirisissä ongelma-analyyseissä on saatu uutta kontekstisidonnaista tietoa kemian oppimisesta ja opetuksesta (vrt. Edelson, 2002, 2006). Kaikissa graduissa käsitellään, miten jotain kemian kontekstia käsitellään kemian opetuksessa kansallisella tai kansainvälisellä tasolla. Tätä tietoa on hankittu tutkimuskirjallisuusanalyysillä, kemian opetussuunnitelmien perusteiden (Opetushallitus 2003, 2004) ja kemian oppikirjojen sisällönanalyysillä sekä kemian opettajia, opiskelijoita ja oppilaita tutkimalla (esim. haastattelut ja kyselytutkimukset).

Lisäksi useassa tutkielmassa on saatu tietoa kemian oppimisesta ja opetuksesta. Esimerkiksi Laitalan tutkielmassa (2007) saatiin tietoa oppilaiden kyvystä työskennellä mittausautomaatiolaitteistoilla, Juntusen tutkielmassa (2011) ympäristöaiheisen kemianopetuksen kehittämisen haasteista, ja Ojapalon tutkielmassa (2011) tietoa sukupuolen vaikutuksesta laboratoriotyöskentelyn ja polttokennokokon kontekstin kiinnostavuuteen. Pernaan tutkielmassa (2008) saatiin tietoa kemian opettajien käsityksistä hyvästä kemian verkko-oppimateriaalista, Piipposen tutkielmassa (2007) yläkoululaisten hiilihydraatteja koskevista ennakkokäsityksistä, Vihman tutkielmassa (2006) simulaatioiden soveltuvuudesta kemian opetuksen työtavaksi ja Västinsalon tutkielmassa (2010) molekyylihallinnuksen kiinnostavuudesta yläkoulun kemian opetuksessa. Lisäksi Syrjäläisen tutkielmassa (2008) saatiin tietoa opettajien kokemuksista ja asenteista lehtien opetuskäyttöä kohtaan kemian opetuksessa ja Liikasen tutkielmassa (2006) ympäristökemian opettamista kohtaan. (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Kemian opettajankoulutusyksikön pro gradu opinnäytetyöt, joissa tutkimusmenetelmänä on käytetty kehittämistutkimusta.

Päätulokset		Lähde
Kehittämistuotos: Oppimisympäristöjä, oppimateriaaleja ja kursseja kemian opetukseen	Ongelma-analyysi: Kontekstisidonnaista teoriaa kemian oppimisesta ja opetuksesta	
Verkkomateriaaleja kemian opetukseen	Tietoa graduaiheiden käyttömahdollisuuksista ja kiinnostavuudesta kemian verkko-opetuksessa	Ahonen, 2005; Haapoja, 2007, Kolehmainen, 2012; Pernaa, 2008; Tähtivaara, 2008
Kontekstisidonnaisia kokeellisia oppilastöitä	Tietoa graduaiheeseen liittyvän kokeellisuuden mahdollisuuksista ja kiinnostavuudesta kemian opetuksessa	Ahvenniemi, 2009; Forström, 2008; Haaparanta, 2007; Hyytiäinen, 2008; Lillberg, 2005; Marjamäki, 2008; Ojapalo, 2010; Piipponen, 2007
Oppimista tukevia itsearviointitehtäviä	Tietoa graduaiheen käsittelystä lukion kemian opetuksessa sekä kemian ainereaalissa	Gustafsson, 2007
Kontekstuaalista oppimateriaalia	Tietoa graduaiheen kontekstin mahdollisuuksista kemian opetuksessa	Juppi, 2006; Järvenpää, 2008; Kuronen, 2007; Laakso, 2008; Laine, 2005; Liikanen, 2006; Ojala, 2008; Rantaniemi, 2010; Sippel, 2008; Virtanen, 2007
Ongelmaperustaiseen oppimiseen ja STS-oppimiseen pohjautuvaa kontekstuaalista oppimateriaalia	Tietoa graduaiheen mahdollisuuksista ongelmaperustaisen kemian opetuksen kontekstina	Jäppinen, 2009
Elinkaariaiheisiä kemian opetusmalleja	Tietoa elinkaariajattelun soveltuvuudesta kemian opetukseen	Juntunen, 2011
Uusiutuvien luonnonvarojen kemian maisteriohjelma	- Tietoa uusiutuvien luonnonvarojen kemian opetuksesta yliopisto-opetuksessa Yhdysvalloissa - Tietoa tutkimuspohjaisen kurssin rakenteesta	Kiviluoto, 2007
- Ongelmalähtöiseen oppimisen pohjautuvia kontekstisidonnaisia mittausautomaatiotöitä - Aiheeseen liittyvää täydennyskoulutusta	- Tietoa graduaiheiden käsittelystä peruskoulun kemian oppikirjoissa - Tietoa oppilaiden kyvystä työskennellä mittausautomaatiolaitteistoilla	Laitala, 2007; Leskinen, 2007
Lehtiä hyödyntävää informaalia kemian oppimista tukevaa oppimateriaalia	- Tietoa kemian opettajien ajatuksista ja kokemuksista lehtien käytöstä opetuksessa - Tietoa informaalista oppimisesta kemian opetuksessa	Syrjäläinen, 2008
- Opettajien täydennyskoulusta aiheesta - Graduaiheen mukaisia molekyylihallinnusharjoituksia	Tietoa molekyylihallinnuksen ja simulaatioiden mahdollisuuksista kemian opetuksessa	Uusikartano, 2008; Vihma, 2006; Västinsalo, 2009

5. Kehittämistutkimuksen raportointi pro graduna

Kehittämistutkimuksen raporttia kutsutaan kehittämiskuvaukseksi. Sen tavoitteena on antaa lukijalle luotettava ja kokonaisvaltainen kuva kehittämisprosessista. Tieteellisen luotettavuuden korostamiseksi siitä laaditaan riittävän yksityiskohtainen, jotta lukija voi halutessaan toistaa kehittämisasetelman. Kehittämisen täydellinen toistaminen ei tosin ole käytännössä mahdollista, koska täysin samaa testaajajoukkoa ei ole mahdollista käyttää eivätkä kulttuuriset olosuhteet ole koskaan samoja. (Bell et al. 2004) Kehittämiskuvauksen laadintaan ei ole olemassa yleisesti hyväksyttyjä malleja, mutta esimerkiksi Collinsin et al (2004) mukaan raportissa tulee käydä ilmi:

- teoriaan ja kontekstiin kytketyt kehittämistavoitteet,
- tutkimusasetelman tarkka kuvaus, jolloin pystytään arvioimaan syklittäistä muutosta,
- syklittäiset kehittämiskuvaukset, joista käy ilmi, miksi ja millaisia muutoksia kehittämisessä tehtiin,
- syklittäiset kehittämistulokset ja
- pohdintaosuus, jossa otetaan kantaa kehittämisen mahdollisuuksiin ja haasteisiin.

Kehittämiskuvaus voidaan julkaista joko yksittäisinä artikkeleina (Edelson, 2002), artikkelisarjana tai monografiana (Juuti & Lavonen, 2006). Pro gradu on julkaisutyypiltään lyhyt monografia (yleensä 50-80 sivua), joten se sopii hyvin kehittämistutkimuksen raportointiin. Tässä kirjassa myös Vesterinen & Aksela (2012) käsittelevät kehittämistutkimuksen raportoimista väitöskirjan ja yksittäisten artikkelien näkökulmasta.

33 pro gradun tutkielman ohjaamisen, useiden omien kehittämistutkimusta käyttävien opinnäytetöiden (Aksela, 2005; Pernaa, 2008, 2010, 2011) ja useiden tutkimusjulkaisujen (esim. Pernaa et al. 2010) sekä ohjaajien kokemusten pohjalta suosittelemme, että kehittäminen kannattaa kuvata sen kronologisen etenemisen mukaan. Esimerkkinä käymme läpi Kolehmainen (2012) pro gradu -tutkielman ”Kehittämistutkimus: Videopohjainen nanoteknologian opetusmateriaali kemian opetukseen kehittämiskuvauksen” rakenteen:

1. Johdanto

Opinnäytetyö alkaa johdannolla, jossa esitellään lyhyesti työn tavoite ja perustellaan alan tutkimuskirjallisuuden avulla, miksi tutkimusaihe on tärkeä. Johdannossa esitellään myös työn rakenne ja rajaukset.

2. Kehittämistutkimus

Toisessa luvussa esitellään kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä sekä tutkimusta ohjaavat tutkimuskysymykset. Lisäksi luvussa käydään lyhyesti läpi, miten menetelmää kyseisessä työssä hyödynnetään.

3. Teoreettinen ongelma-analyysi

Kolmantena lukuna esitellään työn teoreettinen ongelma-analyysi, jossa selvitetään aikaisempaa tutkimuskirjallisuutta analysoimalla, että mitä aiheesta jo tiedetään ja mitä olisi tarvetta tutkia lisää. Teoreettinen ongelma-analyysi on koko tutkimuksen lähtökohta, sillä kehittämisessä on tärkeää iteroida aikaisempaa tutkimustietoa ja kehittämis päätösten täytyy pohjautua teoreettisen viitekehyksen avulla perusteltuihin kehittämis päätöksiin (vrt. esim.

Barab & Squire, 2004; Edelson, 2002). Kemian opetuksen kehittämistutkimusta hyödyntävissä pro graduissa kehitetään usein kemian oppimisympäristöjä, joten tähän lukuun sisällytettiin myös puhtaan kemian teoriaosuus, jolla on tärkeä merkitys kehittämistuotoksen sisällön rajaamisessa ja sen sisällön ymmärtämisessä.

Kolehmainen (2012) opinnäytetyössä luku kolme sisältää seuraavanlaisia alalukuja:

- 3.1 Kemian teoria (rajaa materiaalin sisällön)*
- 3.2 Kemian opetuksen teoria (perustelee kehittämisen pedagogiset ja didaktiset ratkaisut)*
- 3.3 Kehittämisessä käytettävän teknologian teoria (perustelee kehittämisen teknologiset ratkaisut)*
- 3.4 Analyysin yhteenvedo*

Teoreettisen ongelma-analyysin avulla tutkija viimeisteli kehittämistavoitteet ja päätti mm. oppimateriaalin muodon, sisällön ja tarvittavat mediatekniset työkalut. Ongelma-analyysin jälkeen toteutettiin ensimmäinen kehittämisvaihe.

4. Kehittämisprosessi

Työn neljännessä luvussa kuvataan kehitettävän oppimisympäristön tekninen kehittämisprosessi. Työssä kehitettiin nanoteknologian opetusvideoita, joten kehittämisprosessi-luku koostuu videoiden käsikirjoittamisesta, tekemisestä, kuvaamisesta ja julkaisemisesta.

- 4.1 Opetusvideoiden suunnittelu*
- 4.2 Opetusvideoiden tekeminen*
- 4.3 Opetusvideoiden kuvaaminen*
- 4.4 Opetusvideoiden julkaiseminen*

5. Kehittämistuotos

Viidennessä luvussa esitellään kehittämistuotoksen ensimmäinen versio ja sen empiirinen arviointi. Opinnäytetyössä kehitettiin yhteensä kolme opetusvideota, jotka esitellään yksityiskohtaisesti alaluvuissa 5.1-5.3. Lisäksi raporttiin on liitetty valmiin oppimisympäristön www-osoite.

Kehitetty oppimisympäristö arvioitiin loppukäyttäjistä (16-19-vuotiaat opiskelijat) koostuvalla testikäyttäjryhmällä. Arvioinnin tutkimusmenetelmänä käytettiin tapaustutkimusta (alaluku 5.4). Tutkimusaineisto kerättiin opiskelijahaastatteluilla ja analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä.

6. Jatkokehittäminen

Arvioinnin pohjalta oppimateriaalia jatkokehitettiin tutkimustavoitteiden mukaisesti. Pro gradu -tasolla tämä toinen kehittämissykli sisältää yhden tai kahden koululuokan tai muutamien opiskelijoiden tai opettajien tutkimisen.

7. Johtopäätökset ja pohdinta

Johtopäätöksissä ja pohdinnassa käsitellään koko kehittämisprosessia ja reflektoidaan tutkimuksen merkitystä kansainväliseen tutkimuskirjallisuuteen, sekä tuodaan esille, mitä uutta on saatu verrattuna aikaisempaan tutkimustietoon. Johtopäätökset ja pohdinta on yksi työn tärkeimmistä luvuista. Esimerkiksi pro gradun arvioinnin näkökulmasta pohdinnan avulla tekijä osoittaa oman kypsyytensä ja työn tieteellisen merkityksen. Pohdintaosio on myös kehittämistutkimuksen näkökulmasta tärkeä, sillä tässä luvussa tutkimuksesta luodaan uutta teoriaa, mikä mm. Barabin ja Squiren (2004) mukaan on kehittämistutkimuksen päätavoite.

Liitteet

Liitteissä esitetään videoiden käsikirjoitukset (liite 1), haastattelurunko (liite 2), analyysirunko (liite 3) ja jatkokehittämisvaiheen kehittämistuotokset (liite 4). Liitteet osio on hyvin tärkeä, sillä ne tukevat työn tieteellistä luotettavuutta ja pätevyyttä. Halutessaan lukija voi toistaa koeasetelman hyvin täsmällisesti käyttämällä esim. samaa haastattelu- tai analyysirunkoa.

6. Pohdinta

Kehittämistutkimus on osoittautunut mielekkääksi tavaksi toteuttaa opinnäytetöitä. Tutkimukseen pohjautuva materiaali on osoittautunut opiskelijalle motivoivaksi tavaksi toimia nk. tutkivana opettajana sekä vahvistanut hänen tutkimisen taitojaan (ks. esim. Aksela, 2010). Opiskelija on saanut myös konkreettisen tuotoksen, joka hyödyntää sekä häntä itseään tulevassa työssä että kemian opetuksen yhteisöä sekä Suomessa (esim. Aksela et al. 2011; Pernaa & Aksela, 2008a; Vihma & Aksela, 2008) että kansainvälisesti (esim. Pernaa & Aksela, 2008b, 2011), jos siitä on tehty englanninkielinen julkaisu. Suomessa kehittämistutkimuksen tuotoksia on hyödynnetty opettajien perus- ja täydennyskoulutuksissa ja Heureka-tiedekeskuksessa. Niistä on kerrottu muille opettajille LUMA Sanomissa (www.luma.fi).

Kehittämistutkimus on usein hyvin vaativa prosessi, jossa opiskelijan täytyy oppia monia taitoja. Hänen tulee osata yhdistää siinä sekä kemian että kemian opetuksen tutkimusta. Kehittämisen rajaaminen on yksi työn haastavimmista osioista. Opiskelijoiden syytä sisäistää, että pro gradun kuormitus on 40 op, joka vastaa noin 1070 työtuntia. Tämän noin puoli vuotta kestävä jakson aikana ei ehdi tehdä kovinkaan laajaa kehittämisprojektia, joten työ täytyy rajata hyvin.

Tämän artikkelin luvussa neljä esiteltiin keskeiset tulokset 33 yksikössä tehdystä pro graduista. Analyysin pohjalta voidaan todeta, että kaikista graduissa on tuotettu konkreettinen kehittämistuotos ja ongelma-analyysin avulla on saatu tietoa kemian opetuksesta, mutta vain osassa graduista on tehty kaksi kehittämissykliä ja arvioitu kehitettyä tuotosta autenttisisessa ympäristössä. Tuotoksen arviointi nostaa opinnäytetyön tieteellistä tasoa merkittävästi, sillä sen pohjalta saadaan tietoa testaajien kokemuksista ja käsityksistä sekä kemian oppimisesta ja opetuksesta aidossa kontekstissa. Graduissa ei ole keskitytty kuvaamaan kehittämisprosessia, vaan se on vaadittu vasta jatko-opintojen opinnäytetöissä (vrt. tämä kirja Vesterinen & Aksela, 2012).

Kehittämistutkimuksesta tekee haasteellisen myös sen samankaltaisuus toimintatutkimuksen kanssa. Molemmilla menetelmillä tehdään teoriaan pohjautuvaa kehittämistä, jota arvioidaan ja iteroidaan kohti parempaa lopputulosta. Aihetta käsittelevän tutkimuskirjallisuuden mukaan menetelmien erona voidaan kuitenkin pitää muun muassa tutkimustavoitteita, mittakaavaa ja toteuttamistapoja. Molemmissa menetelmissä kehitetään tutkimuskohdetta ja siihen liittyvää ympäristöä, mutta toimintatutkimuksessa tavoitteena on kehittää paikallisesti toimivia ratkaisuja eikä ns. teorian luomista pidetä niinkään tärkeänä. Kehittämistutkimuksessa taas teorian luomista pidetään tutkimuksen päätavoitteena ja pienessä mittakaavassa kehitettyjä asioita pyritään voimakkaasti yleistämään suurempaan mittakaavaan. Toteutustavan näkökulmasta erona on, että toimintatutkimuksessa tutkimuksen toteuttaa usein opettaja, joka tutkii omaa opetustaan, kun taas kehittämistutkimukselle on ominaista kehittämistiimien muodostaminen ja tutkittavan ilmiön kokonaisvaltaisempi tarkastelu. (Anderson & Shattuck, 2012)

Tästä näkökulmasta Kemian opettajankoulutusyksikössä tehdyt pro gradut eroavat toimintatutkimuksesta esimerkiksi siten, ettei kehittäjä pyri suoraan kehittämään omaa opetustaan, vaan tarkastelee kehittämistä ulkoisena tutkijana. Tavoitteena on myös aina tuottaa mahdollisimman laajalle yleisölle siirrettäviä kehittämistuotoksia, kuten esim. kokeellisia töitä ja verkkomateriaaleja (ks. taulukko 1). Toimintatutkimuksen ja kehittämistutkimuksen välisten erojen näkökulmasta haasteellista taas on yhteisöllisen kehittämisen tarkeys.

Yksi näiden menetelmien eroista on tiimipohjainen kehittäminen. Pro gradu on itsenäisesti suoritettava tieteellinen työ. Tähän haasteeseen voitaisiin vastata esimerkiksi valitsemalla pro gradu -tutkielman aihe entistä vahvemmin yksikön tutkimuspainopisteistä, jolloin ne voitaisiin toteuttaa osana yksikön yleisiä tutkimusprojekteja. Myös muiden alojen opinnäyteprojektien kanssa voitaisiin pyrkiä yhteistyöhön. Esimerkiksi verkko-oppimateriaalien kehittämisprojekti tietojenkäsittelytieteen alan opiskelijan kanssa hyödyttäisi molempia tahoja.

Opiskelijan kiinnostuksen kohteilla on keskeinen merkitys aiheen valinnassa. Kehittämistutkimuksen on koettu motivoivan opiskelijoita mikä on tärkeää, sillä opinnäytetyön tekeminen on ensisijaisesti oppimisprosessi. Sen tavoitteena on muun muassa oppia uusia asioita sekä kehittää tietoja, taitoja ja materiaalia tulevaa opetusuraa varten. Siten kehittämistutkimus soveltuu tämän tavoitteen näkökulmasta pro gradun tutkimusmenetelmäksi erittäin hyvin, sillä tutkimuksesta valmistuu konkreettinen tuotos ja kehittämisestä oppivat sekä opiskelija että ohjaajat ja muut kehittämiseen osallistuvat, kuten esimerkiksi tuotoksen arviointiin osallistuvat opettajat. (vrt. esim. Edelson, 2002; Pernaa, 2011; Vesterinen et al. 2012).

Kehittämistutkimus on myös koettu tutkimiseen innostavana tutkimusmenetelmänä, ja se on johtanut useiden opiskelijoiden kohdalla jatko-opintoihin ja ilmiön syvempään ymmärtämiseen.

Lähteet

Ahonen, T. (2005). *Historiaan pohjautuva lähestymistapa kemian opetuksessa*. Pro gradu - tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/ahonen-t-2005.pdf>, luettu 24.7.2012.

- Ahvenniemi, R. (2009). *Molekyyligastronomia opetuksessa: Kemian ymmärtämisen ja ajattelun tukeminen kokeellisuuden avulla*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/ahvenniemi-r-2009.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Aksela, M. (2010). Evidence-based teacher education: Becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 84-91.
- Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A Design research approach*. Akateeminen väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Unigrafia Oy. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-2708-8>, luettu 24.7.2012.
- Aksela, M., Vesterinen, V-M., Posti, J., Grönberg, K., Ikonen, T., Haakana, E., Pulkkinen, O., Selin, S., Toivanen, M-T., Turkka, J., Paasonen, V., Arajärvi, K., Rantaniitty T. & Korhonen. K. (2011). Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus sekä oppiminen (osa III). Teoksessa M. Aksela, J. Pernaa, & M. Happonen. (toim.), *Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää: VI Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja* (s. 27-52). Helsinki: Unigrafia Oy.
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational researcher*, 41(1), 16-25.
- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14.
- Bell, P., Hoadley, C. M. & Linn, M. C. (2004). Design-based research in education. Kirjassa M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education* (s. 73-85). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the question? A Commentary on Collins, Joseph, and Soloway in the JLS special issue on design-based research. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 105-114.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An Emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105-121.
- Edelson, D. C. (2006). What we learn when we engage in design: Implications for assessing design research. Kirjassa J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen, *Educational Design Research* (s. 156-165). Abingdon, Oxon: Routledge.
- Forsström, P. (2008). *Tutkimuksellinen kokeellisuus lukio-opetuksessa: esimerkkinä laktaasientsyymi*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Gustafsson, L. (2007). *Kemialliset sidokset lukion kemian opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/gustafsson-l-2007.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Haaparanta, J. (2007). *Sähkökemian tutkimuksellinen opiskelu perusopetuksen 7.-9. luokilla*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Haapoja, K. (2007). *Puu- ja paperikemian verkko-oppimateriaali lukio-opetukseen*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/haapoja-k-2007.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Hyttiäinen, K. (2008). *Orgaaniset hapetus- ja pelkistysreaktiot lukion kemian ensimmäisen kurssin opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Juntunen, M. (2011). *Kehittämistutkimus: Elinkaariajattelu ja tutkimuksellinen opiskelu kemian opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/juntunen-m-2011.pdf>, luettu 24.7.2012.

- Juppi, T. (2006). *Ongelmaperustainen lähestymistapa ja A. I. Virtanen kemian opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Juuti, K. & Lavonen, J. (2006). Design-based research in science education: One step towards methodology. *NorDiNa*, 4, 54-68.
- Jäppinen, V. (2009). *Biodiesel ja sen valmistus lukion kemian opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Kemian laitos & Kumpulan tiedekirjasto. (2007). Kemian laitoksen pro gradu-opas, 2012: http://www.helsinki.fi/kemia/intra/graduopas_kemia_maaliskuu_2007.pdf, luettu 24.7.2012.
- Kemian opettajankoulutusyksikkö. (2012a). Tutkimusstrategia. <http://blogs.helsinki.fi/kem-ope/tutkimus/>, luettu 24.7.2012.
- Kemian opettajankoulutusyksikkö. (2012b). Kemian opettajankoulutusyksikön ohjeita opinnäytetöiden tekemiseen, <http://wiki.helsinki.fi/pages/viewpage.action?pageId=65904599>, luettu 24.7.2012.
- Kiviluoto, T. (2007). *Uusiutuvien luonnonvarojen kemian tutkimuspohjainen maisteriohjelma*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/kiviluoto-t-2007.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Kolehmainen, K. (2012). *Kehittämistutkimus: Videopohjainen nanoteknologian opetusmateriaali kemian opetukseen*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201206125976>, luettu 24.7.2012.
- Kuronen, J. (2010). *Ongelmaperusteinen kemian opetus: Vitamiinien kemia ja terveystieteet*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Laakso, J. (2008). *Metallien kemiaa perusopetuksen 7.-9. luokilla*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Laine, L. (2005). *Kaasujen opetus perusopetuksen 7.-9. -luokkien kemiassa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/laine-l-2005.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Laitala, A. (2007). *Mittausautomaatio ympäristökemian oppimisen tukena perusopetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/laitala-a-2007.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Leskinen, H. (2007). *Lämpöenergian ymmärtämisen tukeminen mittausautomaation avulla lukion kemian opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/leskinen-h-2007.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Liikanen, T. (2006). *Maaperän kemiaa perusopetuksen luokille 7-9 kestävä kehityksen periaatteita noudattaen*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Lillberg, J. (2005). *Luokanopettajat ja ympäristön kokeellinen tutkiminen mikroskaalassa 5. ja 6. luokan kemian opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Marjamäki, H. (2008). *Kokeellisia vesitutkimuksia mielekkääseen lukion kemian opiskeluun*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Ojala, L. (2008). *Terästeema kemian perusopetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Ojapalo, M. (2010). *Tutkimuksellinen lähestymistapa polttoainemateriaalien kemian opetukseen*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Opetushallitus. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

- Pernaa, J. (2012). *Kehittämistutkimus: Tieto- ja viestintäteknikkaa kemian opetukseen*. Akateeminen väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Unigrafia Oy. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-7291-8>, luettu 24.7.2012.
- Pernaa, J. (2010). *Tieto- ja viestintäteknikkaan pohjautuvat oppimisympäristöt ja koulutus kemian oppimisen ja opetuksen tukena*. Lisensiaattitutkielma, Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/pernaa-j-2010.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Pernaa, J. (2008). *Hyönteisten kemiaa lukion kemian opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/pernaa-j-2008.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Pernaa, J. & Aksela, M. (2011). Learning Organic Chemistry Through a Study of Semiochemicals. *Journal of Chemical Education*, 88(12), 1644-1647. (DOI: 10.1021/ed900050g)
- Pernaa, J. & Aksela, M. (2009). Chemistry teachers' and students' perceptions of practical work through different ICT learning environments. *Problems of Education in the 21st Century*, 16, 80-88.
- Pernaa, J. & Aksela, M. (2008a). Verkko kemian oppimisympäristönä: Esimerkkinä hyönteisten kemia. Kirjassa J. Välisaari & J. Lundell (toim.), *Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmälähtöistä opetusta* (s. 35-44). Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Pernaa, J. & Aksela, M. (2008b). Concept maps as meaningful learning tools in a web-based chemistry material. Kirjassa A. J. Canas, J. D. Novak, P. Reiska & M. K. Åhlberg (toim.), *Concept mapping : Connecting educators : Proceedings of the 3rd International conference on concept mapping : vol. 1 Full papers, part one* (s. 282-289). Viro: IHMC, Tallinnan yliopisto, Helsingin yliopisto, OU Vali Press.
- Pernaa, J., Aksela, M. & Västinsalo, J. (2010). Kemian mallit ja visualisointi -kurssin yhteisöllinen uudistaminen malliteoriaan pohjautuvalla kehittämistutkimuksella. Kirjassa M. Aksela, J. Pernaa & M. Rukajärvi-Saarela (toim.), *Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen: Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja* (s. 96-114). Helsinki: Unigrafia Oy.
- Piipponen, S. (2007). *Hiilihydraattien kemiaa terveystieteen näkökulmasta perusopetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/ojapalo-m-2010.pdf>, luettu 24.7.2012. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/piipponen-s-2007.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Rantaniemi, M-L. (2010). *Historiallinen lähestymistapa sähkökemian opetuksessa: Tutkiva oppiminen työtapana*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/rantaniemi-ml-2010.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Rautiainen, J. (2012). *Kehittämistutkimus: Ongelmälähtöinen kokeellinen kemian korkeakouluopetus*. Akateeminen väitöskirja, Helsingin yliopiston. Helsinki: Unigrafia Oy. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-8149-1>, luettu 24.7.2012.
- Sippel, K. (2008). *Kemiallinen homeenpoisto rakennusmateriaaleista: verkkomateriaalin kehittämistutkimus*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Syrjäläinen, N. (2008). *Lehdet kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluuihin: Esimerkkinä Kemia-Kemi-lehti*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/syrjalainen-n-2008.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Tähtivaara, A. (2008). *Lasin kemiaa verkossa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
- Uusikartano, H. (2006). *Biomolekyylin visualisointi kemian opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/uusikartano-h-2006.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Vesterinen V-M. (2012). *Nature of Science for Chemistry Education Design of Chemistry Education Course*, Akateeminen väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Unigrafia Oy. (Painossa)

- Vesterinen, V-M., Pernaa, J. & Aksela, M. (2012). Evaluation of a Novel Educational Design Methodology Utilizing Concept Maps. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (toim.), *E-Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship*. Lyon: France. (http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/index.html, luettu 24.7.2012)
- Vihma, L. (2006). *Tietokonesimulaatioita kaasujen ymmärtämisen tukemiseen kemian lukio-opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/27424>, luettu 24.7.2012.
- Vihma, L. & Aksela, M. (2008). Tietokonesimulaatiot lukiolaisten kaasujen ymmärtämisen tukena. teoksessa A. Kallioniemi (toim.), *Uudistuva ja kehittyvä ainedidaktiikka : Ainedidaktinen symposiumi 8.2.2008 Helsingissä. Osa 1*, (s. 253-264). Helsinki: Unigrafia oy.
- Virtanen, L. (2007). *Vaaralliset kemikaalit vartijoiden koulutuksessa sekä työssä*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/virtanen-l-2007.pdf>, luettu 24.7.2012.
- Västinsalo, J. (2009). *Ilman kaasujen molekyylimallinnus 7.-9.-luokkalaisten kiinnostuksen tukena*. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/vastinsalo-j-2009b.pdf>, luettu 24.7.2012.